

İstanbul'un Asya ve Avrupa Bölgeleri'nde Hava Sıcaklığı ve Yağış Miktarı Değişimleri

Zafer Aslan^{1,*}, Fadime Giden², Hatice Koyuncu², Ayten Güven Kalafat²

¹İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnönü Caddesi No:38, 34295, Florya, İstanbul.

²B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Meteoroloji Laboratuvarı, 34684 Çengelköy, İstanbul.

Özet

Şiddetli yağış, sel olaylarında küresel iklim değişimine bağlı olarak gözlenen artışlar ve doğal afete dönüşmesi sonucu oluşturduğu etkiler, inceleme bölgesinin topografyası, toprak - bitki örtüsü ve kentleşme özelliklerine bağlı olarak önemli değişimler göstermektedir. Bu araştırma çalışmasında Marmara Bölgesi'nin Asya ve Avrupa yakasında seçilen istasyonlarda (Bahçeköy, Florya, Göztepe ve Şile) sıcaklık ve yağış değerlerinin yerel ve zamansal değişimlerinin analizine yer verilmiştir. Göztepe ve Florya istasyonlarında gözlenen ortalama hava sıcaklığı değerlerinde %3 ve %5 oranında artılar kaydedilmiştir. Aylık maksimum hava sıcaklığı değerlerinde en fazla artış %6 oranı ile Şile İstasyonunda saptanmıştır. Bahçeköy ve Şile'de aylık toplam yağış miktarında %10 ve %17 oranlarında artışlar olduğu belirlenmiştir. Makalemin sonuç bölümünde hızlı şehirleşmenin günlük ve aylık ortalama ve maksimum gözlem değerli üzerinde oluşturduğu değişiklik istatistiksel olarak analiz edilmiş, şehirleşmenin rolü üzerinde durulmuştur.

Anahtar Sözcükler

Marmara Bölgesi, Sıcaklık ve Yağış Eğilimleri, Şehirleşme

Variations of Air Temperature and Precipitation in Asian and European Parts of Istanbul

Abstract

Frequency of showers and floods show an increasing trend in recent year in the world. Role of climate changing on frequency of natural hazardous depends on topographic structure, vegetation cover, land use- land surface classification and urbanization. This paper covers analyses of spatial and temporal variations of air temperature and precipitation at four selected stations (Bahçeköy, Florya, Göztepe and Şile) in European and Asian parts of Istanbul. Mean air temperature variations show an increasing trend between 3% and 5% at Göztepe and Florya. The extreme increasing ratio of monthly maximum air temperature values (6%) is observed at Şile. Increasing trends of monthly total rainfall rates at Bahçeköy and Şile are 10% and 17% respectively. Role of urbanizations on temporal and spatial variations of daily, monthly averages and extremes of variables have been statistically evaluated in this paper.

Keywords

Marmara Region, Temperature and Precipitation Trends, Urbanization

1. Giriş

Sel tahmini ve yağış miktarının yerel dağılımı ile ilgili eşik değerlerinin olasılığının belirlenmesi konusundaki bir araştırma çalışması Golian vd. (2010) tarafından yürütülmüştür. “Yağış Eşiği” kavramı, sel tahmini ile ilgili yaklaşımlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Nem koşulları saptanmış bir toprak yüzeyi üzerinde biriken yağış miktarı, bu değere karşı gelen nem eğrisi ile kesiştiğinde, bu bölgede yağış tepe değerinin, en az bu değere eşit veya biraz daha büyük olması beklenir. Toplam yağış yüksekliğinin yanında, yağış miktarının yerel ve zamansal değişimi, maksimum miktarı ve gözlem zamanını etkilemektedir. Model çalışmalarında yağış miktarının yerel olarak üniform değiştiği kabul edilir. Bu çalışmada yağışın yerel değişimi, Monte Carlo yöntemi ile simüle edilmiştir. Bu model ile bölgede aktüel sel tahmininde bulunmanın mümkün olduğu belirtilmiştir.

Kritik yağış şiddeti ve sel önleme ölçümleri ile ilgili bir çalışma Shao (2010) tarafından yürütülmüştür. Şehir yerleşkelerinde yeraltı kullanım alanları, son on yıldır hızla genişlemektedir. Yeraltı bölgelerinde sel oluşumu riski ve oluşturduğu hasar ve kazalar da artmaktadır. Şehirlerde yeraltı bölgelerindeki bu riski azaltmak amacı ile sel önleme konusunda hidrolik etkileri ölçülmüş, yürüyen merdivenler, asansörlerin bulunduğu bölgeler incelenmiştir. Emniyet çalışmalarında kritik yağış şiddeti, matematiksel olarak saptanmış, burada alışveriş merkezleri, taban seviyesi göz önüne alınmıştır.

* Sorumlu Yazar: Tel: +90 (212) 4441428 Faks: +90 (212) 4245759

E-posta: zaferaslan@aydin.edu.tr (Aslan Z), gidenf@boun.edu.tr (Giden F), hatice.koyuncu@boun.edu.tr (Koyuncu H), akalafat@boun.edu.tr (Kalafat Güven A)

Sonuçlar, göz önüne alınan yeraltı geçidi vb. bölgelerde, analitik veya grafiksel yöntemlerle kritik yağış şiddetinin kolaylıkla belirlenebileceğini göstermektedir. Bu araştırma çalışmasında, geleneksel yeraltı sel öngörü ölçümlerinin emniyet ve önlem çalışmalarına katkı sağlayacağı vurgulanmaktadır.

Kentleşme hızı ve hidrolojik yapı ile etkileşimi, şehir planlama, su/toprak kaynakları yönetiminde verilerin sağlıklı bir şekilde arşivi büyük önem taşımaktadır (Li ve Wang 2009). Dardenne Creek (St. Louis, Missouri) su havzasında hızlı kentleşme, arazi kullanım yöntemlerinin incelenmesi amacı ile Landsat verilerinden yararlanılmıştır. Yüzey akış miktarının hızlı kentleşme alanındaki büyüme ile doğrudan ilişkisinin gösterildiği bu çalışmada basit bir yöntem ile potansiyel hidrolojik etkilerin saptanmasına ve gelecekteki planlama çalışmalarına yer verilmektedir. Bu araştırmanın bir benzeri, Kjeldsen (2009) tarafından yürütülmüş olup, bu makale, sel yüzey akış hacminin tahmininde kentleşmenin rolü ve modellemesi ile ilgilidir. Düşük ve yüksek başlangıç nem değerleri için çalıştırılan model, başlangıç nem değerlerinin düşük olduğu durumlarda daha iyi sonuçlar vermektedir.

Wang vd. (2008) tarafından yürütülen sel risk haritalarının oluşturulmasında kullanılan teknolojiler konulu çalışmada Yellow Nehri aşağısındaki ovanın yapısı incelenmiştir. Sık sık sel ve afet etkisi altında kalan bu bölgede sel risk haritalarının etkin sel kontrol ölçüm sistemi olduğu üzerinde durulmaktadır. Bölgede sediment yüzdesi çok yüksektir ve sel risk haritalarının oluşturulması ve Sel Kontrol Programı ve Sisteminin uyarlanması için WebGIS ve ArcGIS yazılımlarından yararlanılmıştır.

Bocheva vd. (2007) tarafından yapılan araştırma çalışmasında Bulgaristan üzerindeki şiddetli yağışların değişimi ve eğilimleri incelenmiştir. Hafif (A), hafif-orta (B), orta-şiddetli (C1), şiddetli (C2) ve çok şiddetli (D) yağışın mevsimsel ve zamansal değişimleri incelenmiştir. Uzun dönem verilerine dayalı ekstrem yağış olaylarının gün sayısında artış gözlenmiş, iklim değişiminin bu trend üzerindeki rolü, son dönem verilerinin, referans dönemiyle, (1961-1990) karşılaştırılması ile saptanmıştır. Kış ve yaz mevsiminde gözlenen tropik benzeri yağışlı gün sayısının arttığının altı çizilmiştir.

Kayhan ve Kadioğlu (2005) tarafından yapılan araştırma çalışmasında, ilkbahar sonu ve yaz mevsimi başlangıcında küçük ölçekli hava kütleleri nedeniyle gelişen konvektif yağışların düşey yapıları incelenmiştir. Aşağı troposferde konvektif kararsızlık ve şiddetli yağışlar arasındaki ilişki araştırılmıştır. İklim koşulları ve topoğrafik yapının etkisini incelemek amacıyla Türkiye’de yedi radiosonde gözlem verisi göz önüne alınmıştır. 22 farklı kararsızlık indeksinin aylık ve bölgesel değişimleri analiz edilmiş ve farklı ısınma, topoğrafik koşullar, denize uzaklık ve sinoptik sistemlerin etkileri nedeniyle hangi mevsimlerde, hangi kararsızlık indeksinin daha iyi sonuç verdiği saptanmıştır.

Şiddetli yağış miktarının süresi ve tekrarlanma frekansı, meteoroloji, hidroloji ve inşaat mühendisliği çalışmalarında göz önüne alınması gereken önemli klimatolojik faktörlerdir. Orta enlemlerde, Akdeniz’de oluşan yağışların önemli bir kısmı alçak basınç sistemleri veya termal konveksiyon nedeni ile oluşmaktadır. Yağış üzerinde deniz-kara-atmosfer etkileşimi ve mevsimsel ve lokal faktörlerin etkisi önemli rol oynamaktadır (İBB 2010).

Yeni kalkınma hedefi kentleri, “Küresel Kentler’e dönüştürmektedir. Bu araştırma çalışmasında, ABD, Avrupa ve Asya’daki kentlerin karşılaştırmalı bir analizine yer verilmektedir. Küreselleşme, küresel kentler ve kontrolden çıkan kentsel yönetim süreçlerini örneklerle inceleyen Goldman, bu kentlerde yaşayan yurttaşların ve yerel siyasal yapıların, ekonomik, siyasal, kültürel ve kente ait mekânlar üzerindeki etkilerini yorumlamaktadır (Goldman 2015).

Bu araştırma çalışmasında, yüzey ve uydu verilerine, istatistiksel ve kuramsal yöntemlere dayalı olarak İstanbul ve civarı için (özellikle belirlenen pilot bölgelerde: Bahçeköy, Florya, Göztepe ve Şile) yağış ve akış verileri göz önüne alınmıştır. Bu bölümde özetlenen çalışmalara benzer olarak, gözlem verilerinin zaman serilerinin (ortalama, mevsimsel değişim ve eğilim) analiz sonucu elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

2. Veri ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmada, İstanbul ve civarı çalışma alanı olarak seçilmiş olup, Bahçeköy, Florya, Göztepe, Şile ilçelerindeki meteoroloji istasyonlarının kayıtları göz önüne alınmıştır (Şekil 1).

2.2. Veriler

İstanbul’da seçilen dört istasyona ait meteorolojik parametreler Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden (MGM) temin edilmiştir. Bu istasyonlarda incelenen meteorolojik parametreler, kapsadıkları dönemler ve istasyon bilgileri Tablo 1’de verilmiştir.

2.3. İstatistiksel Yöntemler

Bu çalışmada kullanılan yer gözlem istasyonlarına ait meteorolojik parametrelerin (hava sıcaklığı ve toplam yağış) değişimleri EXCEL, SPSS ve MATLAB paket programları yardımı ile istatistiksel olarak incelenmiştir. Bu analizlerde Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi, Meteoroloji Laboratuvarı’nda mevcut olan bilgisayarlar ve Toshiba Satellite Intel CORE I5 dizüstü bilgisayar, HP Z210 Workstation yazılım/donanım sistem ve programları ile İstanbul Aydın Üniversitesi bilgisayar olanaklarından yararlanılmıştır.



Şekil 1: Çalışma alanı

Tablo 1: İstasyon bilgileri, meteorolojik parametreler ve dönemleri

İstasyon No	MGM İstasyon Kodu	İstasyon Adı	Enlem (N)	Boylam (E)	Yükseklik (m)	Meteorolojik Parametrelerin Dönemleri	Meteorolojik Parametre
1	17619	Bahçeköy	41° 10'	28° 59'	130	1947 - 2006	Günlük
2	17636	Florya	40° 59'	28° 45'	36	1937 - 2010	-Ort. Sıcaklık
3	17062	Göztepe	40° 58'	29° 03'	33	1929 - 2007	-Maks. Sıcaklık
4	17610	Şile	41° 10'	29° 36'	83	1939 - 2010	-Toplam Yağış

3. Analiz

3.1. Bahçeköy Meteoroloji İstasyonu Verilerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Ortalama Hava Sıcaklığı: Şekil 2, 3, 4 ve Tablo 2’de Bahçeköy Meteoroloji İstasyonu uzun dönem gözlemlerine dayalı olarak yıllık ortalama hava sıcaklığı değişimlerinin istatistiksel analiz sonuçları verilmektedir. Bahçeköy’de (1947-2006) yılları arasında, uzun dönem ortalama sıcaklık 12.8°C olarak saptanmıştır (Tablo 2). Diğer istatistiksel büyüklüklerin aylık maksimum, minimum, standart sapma, varyans, medyan, mod (yuv.), çarpıklık, basıklık ve genlik değerleri sırasıyla 24.7, 0.2, 1.4, 2.2, 12.9, 12.9, 0.1, 0, 6.8 olarak belirlenmiştir. 1947 yılından itibaren aylık ortalama sıcaklık değerlerinin zaman serisi incelendiğinde, özellikle 1992 yılından itibaren, daha belirgin olmak üzere, genel artış eğilimi görülmüştür. Pearson Korelasyon Katsayısının kritik değerlerine göre, $n=59$ ve $r=0.08$ için, anlamlı bir lineer ilişki belirlenmemiştir (Formül 1).

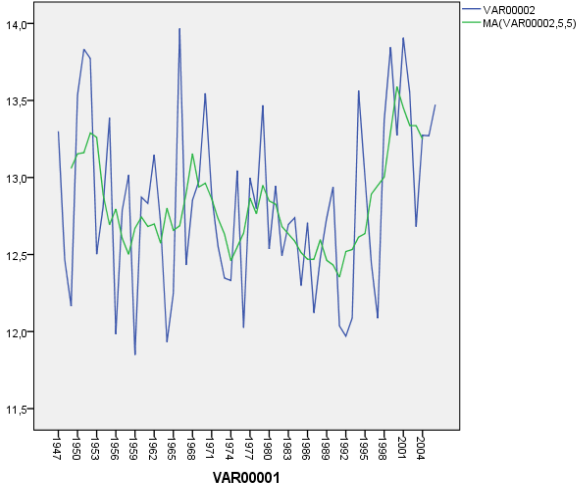
$$Y = 0,0025 X + 12,757$$

$$r = 0,077$$

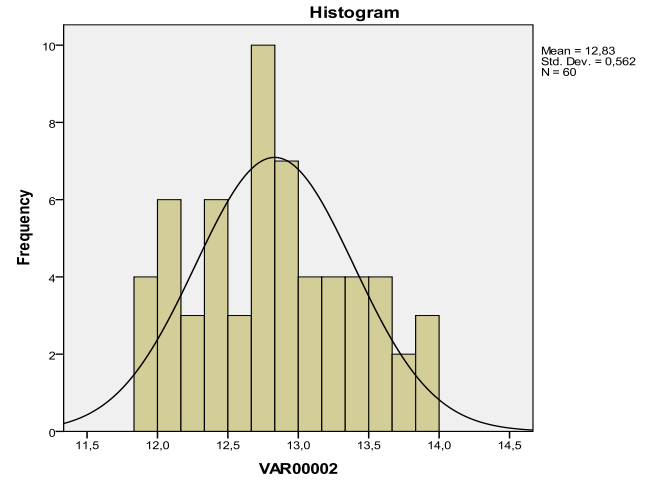
(1)

Tablo 2: Aylık ortalama sıcaklık değerlerinin istatistiksel büyüklükleri, Bahçeköy (1947-2006)

Ort. Sıcaklık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Y.Ort.
Ortalama	4,7	4,7	6,2	10,6	15,1	19,5	21,8	21,8	18,3	14,3	10,2	6,8	12,8
Maksimum	9,4	10	11,9	14,2	17,4	21,2	24,7	24,4	21,9	17,6	14	10,4	24,7
Minimum	0,8	0,2	2,5	7,9	12,5	18	20	18,9	15,4	11,1	6,1	2,9	0,2
Std Sapma	1,7	2	1,8	1,7	1	0,9	1	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,4
Varyans	2,8	4	3,1	2,7	1,1	0,7	1,1	1,3	1,6	2	2,6	3	2,2
Median	4,7	5	6,1	10,4	15,2	19,4	21,8	22	18,4	14,2	10,3	6,8	12,9
Mod	4,6	-	-	11,4	-	-	22,4	-	17,7	-	11,6	-	-
Mod (Yuv.)	5	5	6	10	15	20	22	22	19	13	11	7	12,9
Çarpıklık	0,2	0,2	0,4	0,2	-0,1	0,3	0,4	-0,3	0,2	0,1	-0,1	-0,1	0,1
Basıklık	0,1	0,2	0,9	-0,8	-0,1	-0,7	0,3	-0,1	0,5	-0,4	0,1	0	0
Genlik	8,6	9,8	9,4	6,4	4,9	3,2	4,8	5,4	6,5	6,5	7,9	7,6	6,8



Şekil 2: Bahçeköy, yıllık ortalama sıcaklık (°C) değişimi (1947-2006), kayan ortalama, Lag=5 yıl

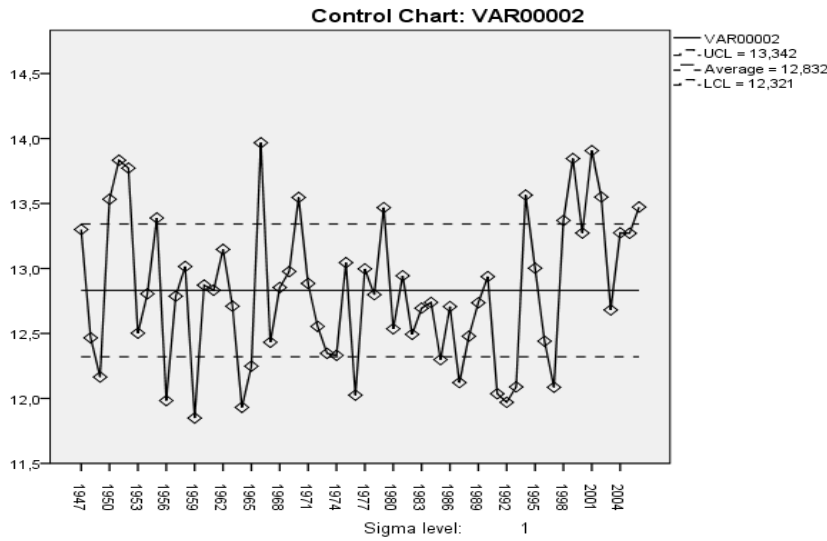


Şekil 3: Bahçeköy, yıllık ortalama sıcaklık (°C), frekans histogramı (1947-2006)

Şekil 2, Bahçeköy’de (1947-2006) yılları arasındaki yıllık ortalama sıcaklık değişimini ve lag=5 yıl için hesaplanan kayan ortalamalarını göstermektedir. Ortalama sıcaklık değişiminin, özellikle 1992 yılından itibaren daha belirgin olmak üzere, genel artış eğilimi görülmüştür.

Şekil 3’de Bahçeköy, yıllık ortalama sıcaklık (°C) histogramı sunulmaktadır. Ortalama, medyan ve mod birbirine çok yakın değerler alınmaktadır.

Şekil 4’e göre 13 yıl için ortalama sıcaklık değerleri $+\sigma$ kontrol çizgisi üzerinde, 12 yıl için ortalama sıcaklık değeri $-\sigma$ kontrol çizgisi altında kalmaktadır.



Şekil 4: Bahçeköy, yıllık ortalama sıcaklık (°C), verilerinin kontrol kartı, ($\sigma=1$)

Maksimum Hava Sıcaklığı: Şekil 5 ve Tablo 3’de Bahçeköy Meteoroloji İstasyonu uzun dönem gözlemlerine dayalı olarak, yıllık maksimum hava sıcaklığı değişimlerinin istatistiksel analiz sonuçları verilmektedir. Bahçeköy’de (1947-2006) yılları arasında, uzun dönem maksimum hava sıcaklığı 40.7°C olarak kaydedilmiştir (Tablo 3). Maksimum hava sıcaklığına ait diğer istatistiksel büyüklükler; ortalama, minimum, standart sapma, varyans, medyan, mod (yuv), çarpıklık, basıklık ve genlik değerleri sırasıyla 25.5, 10.5, 2.6, 6.9, 25.5, 25.8, -0.1, 0.1, 12.1 olarak saptanmıştır. 1947 yılından itibaren maksimum sıcaklık değerlerinin zaman serisi incelendiğinde, 1992 yılından itibaren genel bir artış eğilimi gözlenmiştir. Bu artış, 2000 yılında 40.7°C ile en yüksek değere ulaşmıştır. Pearson Korelasyon Katsayısının kritik değerlerine göre, $n=59$ ve $r=0.02$ için, anlamlı bir lineer ilişki saptanmamıştır (Formül 2).

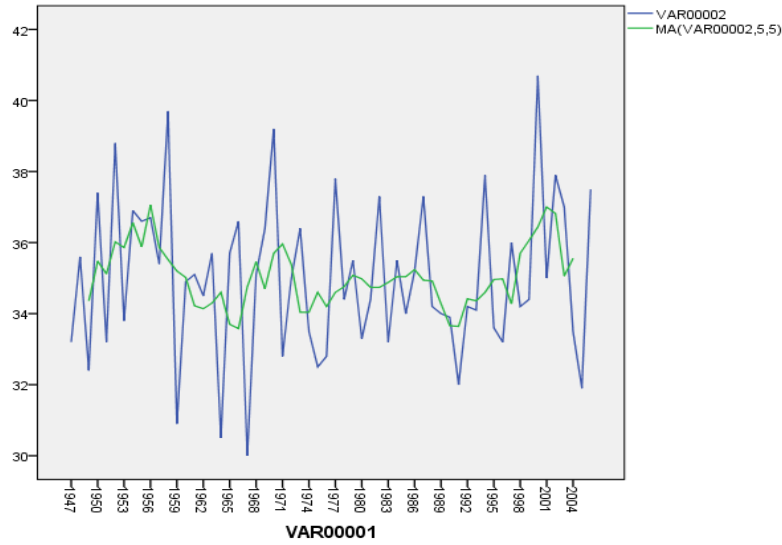
$$Y = 0,002 X + 34,945$$

$$r = 0,017$$

(2)

Tablo 3: Aylık maksimum sıcaklık değerlerinin istatistiksel büyüklükleri, Bahçeköy (1947-2006)

Maks. Sıcaklık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Y. Ort.
Ortalama	16	17,6	21,6	26,4	29,2	32,3	32,7	32,7	30,8	26,9	21,9	17,6	25,5
Maksimum	22	23,5	27,9	32,9	34	37,3	40,7	39,7	35,1	33,1	25,8	25	40,7
Minimum	10,9	10,5	13,7	20	23,4	28	27,4	25,4	25,4	20,3	15,9	11,2	10,5
Std Sapma	2,3	2,8	2,8	2,7	2,4	2,1	2,7	3,4	2,5	2,9	2,4	2,3	2,6
Varyans	5,3	8,1	7,6	7,3	5,7	4,3	7,2	11,2	6,4	8,2	5,9	5,4	6,9
Median	16,3	17,3	22	26,6	29,4	32,4	32,7	32	30,8	26,6	22,1	17,6	25,5
Mod	15,6	17	22,3	26,2	29,7	32,4	31,2	33,2	28,2	24,7	21,8	18	-
Mod (Yuv.)	17	17	24	27	30	33	33	31	32	27	22	17	25,8
Çarpıklık	0	0	-0,6	0,1	-0,2	0,1	0,3	0,2	-0,2	0,1	-0,6	0,1	-0,1
Basıklık	0,3	-0,4	0,5	-0,1	0,3	0,1	0,4	-0,6	-0,9	-0,2	0	1,4	0,1
Genlik	11,1	13	14,2	12,9	10,6	9,3	13,3	14,3	9,7	12,8	9,9	13,8	12,1



Şekil 5: Bahçeköy, yıllık maksimum sıcaklık (°C) değişimi (1947-2006), kayan ortalama, Lag=5yıl

Şekil 5, Bahçeköy’de (1947-2006) yılları arasındaki yıllık maksimum sıcaklık değişimini ve lag=5 yıl için hesaplanan kayan ortalamalarını göstermektedir. Maksimum sıcaklığın, özellikle 1992 yılından itibaren daha belirgin olmak üzere, genel artış eğilimi göstermektedir.

Yıllık Toplam Yağış Miktarı: Şekil 6, 7, 8 ve Tablo 4’de Bahçeköy Meteoroloji İstasyonu, uzun dönem gözlemlerine dayalı olarak yıllık toplam yağış değişimlerinin istatistiksel analiz sonuçları verilmektedir. Bahçeköy’de (1947-2006) yılları arasında, yıllara göre yağış dağılımı analiz edildiğinde, uzun dönem ortalama yıllık toplam yağış 1106.2 mm’dir (Tablo 4). Diğer istatistiksel büyüklükler; maksimum, minimum, standart sapma, varyans, medyan, mod (yuv), çarpıklık, basıklık ve genlik değerleri sırasıyla 518.7, 0.1, 58.1, 3726.2, 6480.0, 44.3, 1.3, 2.2, 269.2 olarak belirlenmiştir. 1947 yılından itibaren yıllık toplam yağış grafiğine göre 1960’lı yıllardan itibaren artış gözlenmektedir. En yüksek yağış 1997 yılında görülmüştür. Pearson Korelasyon Katsayısının kritik değerlerine göre, $n=59$ ve $r=0,2$ için, yıllık toplam yağış değerlerindeki artışın $\alpha=0,1$ güven seviyesinde anlamlı olduğu saptanmıştır (Formül 3).

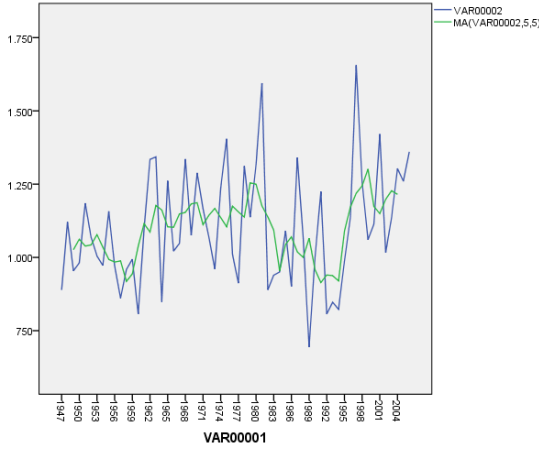
$$Y = 2,4207 X + 1025,8$$

$$r = 0,22$$

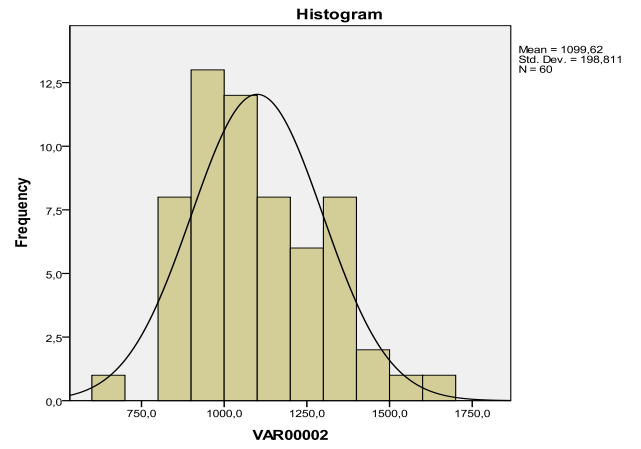
(3)

Tablo 4: Yıllık toplam yağış miktarının istatistiksel büyüklükleri, Bahçeköy (1947-2006)

Yağış	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Y. Top.
Ortalama	154,7	109	105,9	57	42,6	39,8	35,5	61,3	72,4	114,9	133,2	179,9	1106,2
Maksimum	428	261	215,2	162,6	221,3	171,1	108,6	383,1	258,1	321,2	358,3	518,7	518,7
Minimum	25,4	16	18,5	4,7	3,6	0,6	0,5	0,1	0,1	6	32,7	68,7	0,1
Std Sapma	84	59,3	52,4	36,3	36,4	34,7	33,2	79,8	60,1	74,8	64,4	82	58,1
Varyans	7060,9	3515	2743,4	1318	1327,2	1203,3	1099,1	6365,9	3615,3	5590	4149,3	6726,5	3726,2
Median	146,8	89,6	102,8	47,7	31,5	28,5	19,1	33,9	61,6	105,5	128,2	169,5	6480,0
Mod	-	-	-	42,7	25,8	37	7,4	0,1	-	-	-	-	-
Mod (Yu)	54	54	45	24	38	1	9	0	41	94	127	44	44,3
Çarpıklık	0,6	0,8	0,4	1,2	2,5	1,6	0,9	2,4	1,1	0,7	1,2	1,7	1,3
Basıklık	0,4	-0,1	-0,7	1,1	9,4	2,9	-0,5	6,4	0,7	0,3	1,9	4,6	2,2
Genlik	402,6	245	196,7	157,9	217,7	170,5	108,1	383	258	315,2	325,6	450	269,2



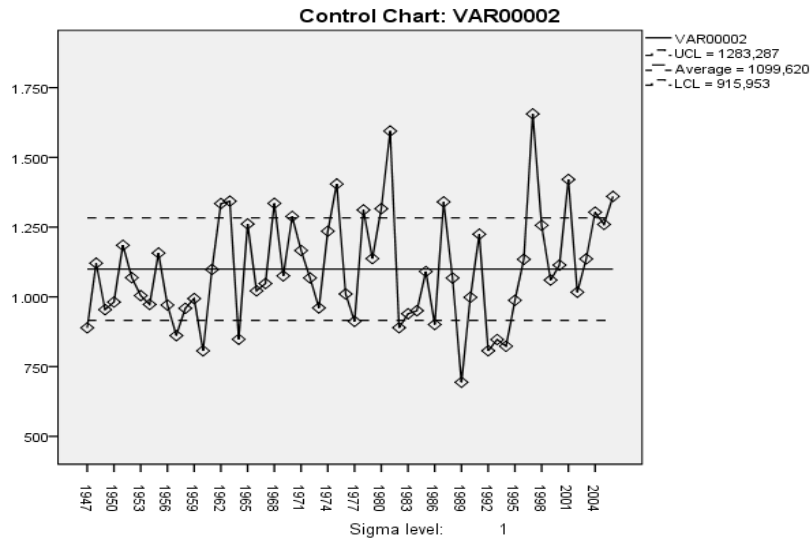
Şekil 6: Bahçeköy, yıllık toplam yağış (mm) değişimi (1947-2006), kayan ortalama, Lag=5 yıl



Şekil 7: Bahçeköy, yıllık toplam yağış, frekans histogramı (1947-2006)

Şekil 6, Bahçeköy’de (1947-2006) yılları arasındaki yıllık toplam yağış miktarı değişimini ve lag=5 yıl için hesaplanan kayan ortalamalarını göstermektedir. Yıllık toplam yağış miktarı genel artış eğilimi gösterirken, (1979-1995) arası düşüş, 1995’ten itibaren ise belirgin artış görülmüştür.

Şekil 7’de Bahçeköy, yıllık toplam yağış frekans dağılımı histogramı sunulmaktadır. Dağılım pozitif çarpıklık göstermektedir.

Şekil 8: Bahçeköy, yıllık toplam yağış verilerinin kontrol kartı, ($\sigma=1$)

Şekil 8'e göre 12 yıl için toplam yağış değerleri $+\sigma$ kontrol çizgisi üzerinde, 7 yıl için toplam yağış değeri $-\sigma$ kontrol çizgisi altında kalmaktadır.

3.2. Florya Meteoroloji İstasyonu Verilerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Ortalama Hava Sıcaklığı: Şekil 9, 10, 11 ve Tablo 5'de Florya Meteoroloji İstasyonu, uzun dönem gözlemlerine dayalı olarak, yıllık ortalama hava sıcaklığı değişimlerinin istatistiksel analiz sonuçları verilmektedir. Florya'da (1937-2006) aralığında uzun dönem ortalama sıcaklık 14.0°C olarak saptanmıştır (Tablo 5). Diğer istatistiksel büyüklüklerin aylık maksimum, minimum, standart sapma, varyans, medyan, mod (yuv.), çarpıklık, basıklık ve genlik değerleri sırasıyla 26.9, 1.0, 1.4, 2.2, 14.0, 14.1, 0.1, 0, 6.9 olarak belirlenmiştir. 1937 yılından itibaren aylık ortalama sıcaklık değerlerinin zaman serisi incelendiğinde, özellikle 1956 ve 1987 yıllarından itibaren daha belirgin olmak üzere, iki ayrı dönemde genel artış eğilimi görülmüştür. Pearson Korelasyon Katsayısının kritik değerlerine göre, $n=70$ ve $r=0.41$ için, gösterdiği bu artış $\alpha=0.01$ seviyesinde anlamlıdır (Formül 4).

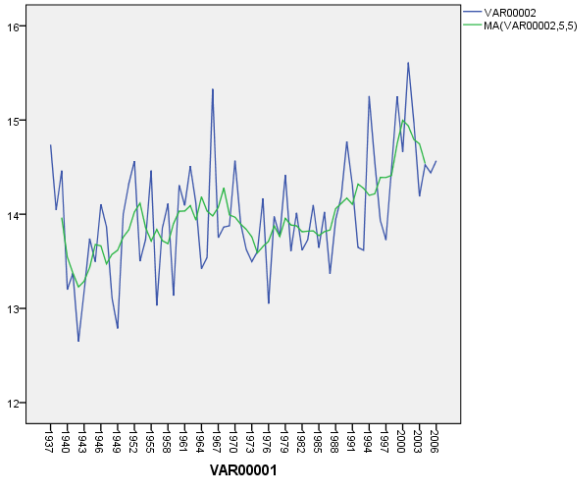
$$Y = 0,0124 X + 13,555$$

$$r = 0,42$$

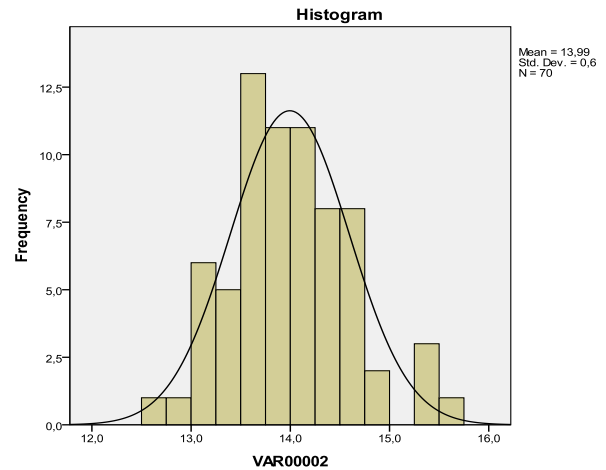
(4)

Tablo 5: Aylık ortalama sıcaklık değerlerinin istatistiksel büyüklükleri, Florya (1937-2006)

Ort. Sıcaklık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Y.Ort.
Ortalama	5,4	5,5	7	11,3	16,1	20,8	23,5	23,4	19,9	15,6	11,5	7,9	14,0
Maksimum	9,7	10,1	11,7	14,7	18,5	23,2	26,9	26,1	23,8	19,2	15,3	12,1	26,9
Minimum	1	1	3,6	8,2	13,7	18,8	21,4	20,4	16,8	12,4	7,5	3,2	1,0
Std. Sapma	1,8	1,8	1,7	1,5	1,1	0,9	1,1	1,3	1,3	1,5	1,6	1,7	1,4
Varyans	3,2	3,2	2,8	2,3	1,2	0,9	1,2	1,6	1,7	2,3	2,6	3	2,2
Median	5,5	5,6	6,9	11,2	16,1	20,8	23,4	23,5	19,9	15,5	11,6	7,9	14,0
Mod	-	5,5	-	-	16,3	21,5	-	-	22,1	-	-	-	-
Mod (Yuv.)	6	6	7	10	16	21	23	24	20	15	12	9	14,1
Çarpıklık	-0,2	0	0,3	0,3	0,1	0,3	0,6	-0,1	0,1	0	-0,1	-0,2	0,1
Basıklık	0	0,3	0,3	-0,7	-0,3	-0,1	0,7	-0,5	0,6	-0,6	-0,2	0,3	0
Genlik	8,7	9	8,1	6,5	4,9	4,4	5,5	5,7	7	6,8	7,8	8,9	6,9



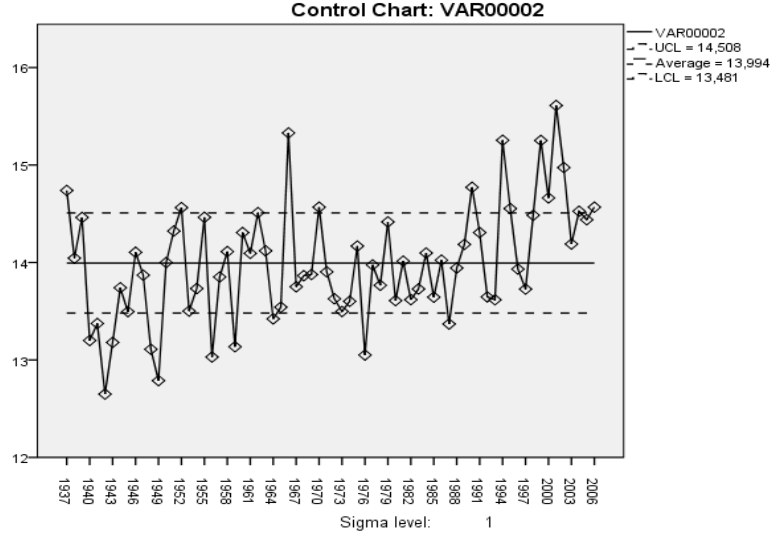
Şekil 9: Florya, yıllık ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) değişimi (1937-2006), kayan ortalama, Lag=5yıl



Şekil 10: Florya, yıllık ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), frekans histogramı (1937-2006)

Şekil 9, Florya'da (1937-2006) yılları arasındaki yıllık ortalama sıcaklık değişimi ve lag=5 yıl için hesaplanan kayan ortalamalarını göstermektedir. Ortalama sıcaklık değişiminin, 1988 yılının başından itibaren önemli ve belirgin artış gösterdiği görülmektedir.

Şekil 10'da Florya, yıllık ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) histogramı sunulmaktadır. Ortalama, medyan ve mod değerlerine göre dağılım, normal dağılım (çarpıklık $\cong 0,1$) göstermektedir.

Şekil 11: Florya, yıllık ortalama sıcaklık (°C) verilerinin kontrol kartı, ($\sigma=1$)

Şekil 11'e göre, 13 yıl için ortalama sıcaklık değerleri $+\sigma$ kontrol çizgisi üzerinde, 11 yıl için ortalama sıcaklık değeri $-\sigma$ kontrol çizgisi altında kalmaktadır.

Maksimum Hava Sıcaklığı: Şekil 12 ve Tablo 6'da Florya Meteoroloji İstasyonu, uzun dönem gözlemlerine dayalı olarak, yıllık maksimum hava sıcaklığı değişimlerinin istatistiksel analiz sonuçları verilmektedir. Florya'da (1937-2006) aralığında, uzun dönem maksimum hava sıcaklığı; 36.6°C olarak kaydedilmiştir (Tablo 6). Maksimum hava sıcaklığına ait diğer istatistiksel büyüklükler; ortalama, minimum, standart sapma, varyans, medyan, mod (yuv), çarpıklık, basıklık ve genlik değerleri sırasıyla 24.4, 10.0, 2.1, 4.6, 24.4, 24.3, 0.2, 0.1, 10.0 olarak saptanmıştır. 1937 yılından itibaren maksimum sıcaklık değerlerinin zaman serisi incelendiğinde, özellikle 1949-1958 ve 1990-2002 dönemlerinde genel bir artış eğilimi gözlenmiştir. Bu artış 2000 yılında en yüksek değere ulaşmıştır (41.5°C). Pearson Korelasyon Katsayısının kritik değerlerine göre, $n=70$ ve $r=0.11$ için, anlamlı bir lineer ilişki saptanamamıştır (Formül 5).

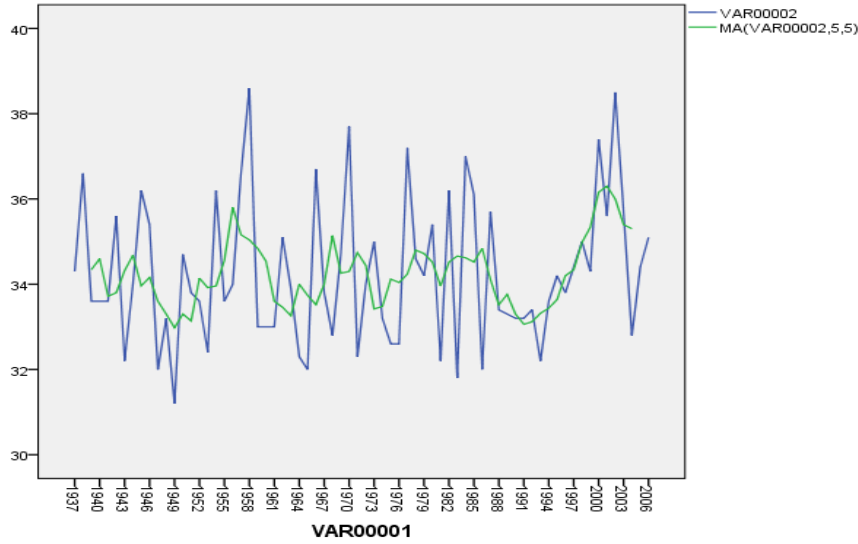
$$Y = 0,009 X + 33,946$$

$$r = 0,11$$

(5)

Tablo 6: Aylık maksimum sıcaklık değerlerinin istatistiksel büyüklükleri, Florya (1937-2006)

Maksimum Sıcaklık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.Max.
Ortalama	14,7	15,8	19,6	23,9	27,8	31,4	33,2	32,9	30,1	26,1	21,1	16,7	24,4
Maksimum	19,4	21	26	30,5	33,5	36,2	37,4	38,6	36,6	31,5	26,4	20	36,6
Minimum	10,4	10	12,2	19,6	23,6	28,3	29,6	28,3	26	21,7	16	10,9	10,0
Std. Sapma	1,9	2,5	2,9	2,1	2	1,8	1,8	2,2	2	2,3	2	1,9	2,1
Varyans	3,8	6,1	8,5	4,3	4,1	3,2	3,1	4,9	4,1	5,4	4,2	3,6	4,6
Median	15	15,6	19,8	23,6	27,7	31,2	33	33	30,2	26	21	17	24,4
Mod	15	15	20	23,2	29	30	33	33,6	30,2	26	22	17	-
Mod (Yuv.)	16	15	19	23	27	30	33	34	31	26	20	17	24,3
Çarpıklık	-0,1	0,1	-0,2	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	-0,1	-0,7	0,2
Basıklık	-0,1	-0,4	0,1	0,7	0,3	-0,1	-0,3	0,2	0,4	-0,4	0,4	0,4	0,1
Genlik	9	11	13,8	10,9	9,9	7,9	7,8	10,3	10,6	9,8	10,4	9,1	10,0



Şekil 12: Florya, yıllık maksimum sıcaklık (°C) değişimi (1937-2006), kayan ortalama, Lag=5yıl

Şekil 12, Florya’da (1937-2006) yılları arasındaki yıllık maksimum sıcaklık değişimi ve lag=5 yıl için hesaplanan kayan ortalamalarını göstermektedir. Maksimum sıcaklık değişiminin, 1994 yılının başından itibaren önemli artış gösterdiği görülmektedir.

Yıllık Toplam Yağış Miktarı: Şekil 13, 14, 15 ve Tablo 7’de Florya Meteoroloji İstasyonu, uzun dönem gözlemlerine dayalı olarak, yıllık toplam yağış değişimlerinin istatistiksel analiz sonuçları verilmektedir. Florya’da (1937-2010) aralığında, yıllara göre yağış dağılımı analiz edildiğinde, uzun dönem ortalama yıllık toplam yağış 646.5 mm’dir (Tablo 7). Tablodan görüleceği gibi diğer istatistiksel büyüklükler; maksimum, minimum, standart sapma, varyans, medyan, mod (yuv), çarpıklık, basıklık ve genlik değerleri sırasıyla 298.6, 0, 35.2, 1346.5, 46.5, 27.7, 1.3, 2.2, 175.7 olarak belirlenmiştir. Pearson Korelasyon Katsayısının kritik değerlerine göre, $n=74$ ve $r=0.06$ olup, anlamlı bir lineer ilişki saptanmamıştır (Formül 6).

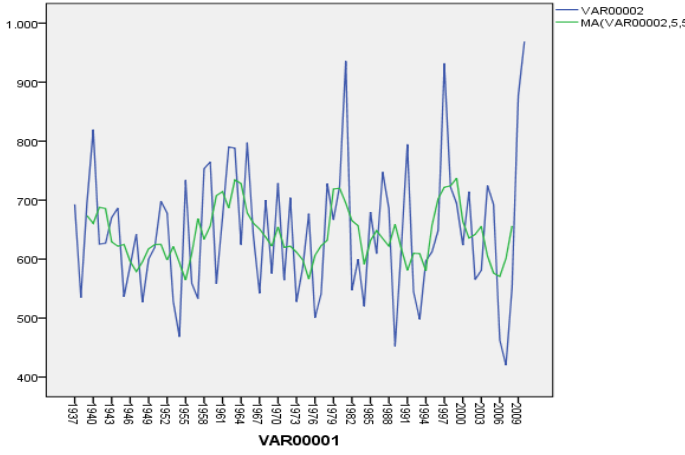
$$Y = 0,3444 X - 33,319$$

$$r = 0,20$$

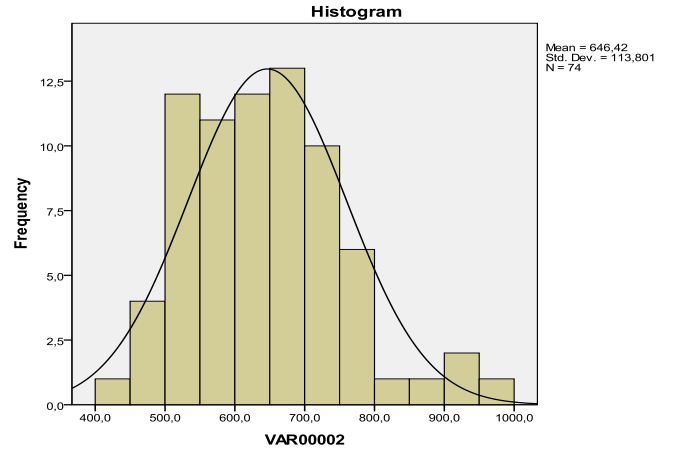
(6)

Tablo 7: Yıllık toplam yağış miktarının istatistiksel büyüklükleri, Florya (1937-2010)

Yağış	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Y.Top.
Ortalama	84,2	69,6	61,3	45,4	28,9	27,3	20,8	22,9	37,1	66,4	83,6	99	646,5
Maksimum	193,2	176,5	161,2	166,5	114,9	130,2	85,3	130,7	162,3	298,6	264,3	271,4	298,6
Minimum	9,5	11,9	8	2,2	0,2	0	0	0	0	0	7,3	7,3	0
Std. Sapma	46,3	36,8	33,6	29,7	22,8	23,2	21,5	26,4	34,3	52	46	49,5	35,2
Varyans	2144,4	1351	1128	882,9	519,8	540,2	460,7	695,6	1175,8	2700,9	2112	2447,2	1346,5
Median	80,4	62,1	55,5	38,9	24,5	22,4	12,8	13,5	26,6	55,8	75,8	89,1	46,5
Mod	69,7	-	34,7	45,1	3,4	0	0	0	12,8	-	46,1	-	-
Mod (Yuv.)	23	48	50	22	4	0	0	0	15	39	46	85	27,7
Çarpıklık	0,5	0,8	0,8	1,4	1,5	1,4	1,2	1,6	1,7	1,7	1,3	1,3	1,3
Basıklık	-0,6	0,3	0,1	2,8	2,5	3,7	0,7	3	3	5	2,7	2,6	2,2
Genlik	183,7	164,6	153,2	164,3	114,7	130,2	85,3	130,7	162,3	298,6	257	264,1	175,7

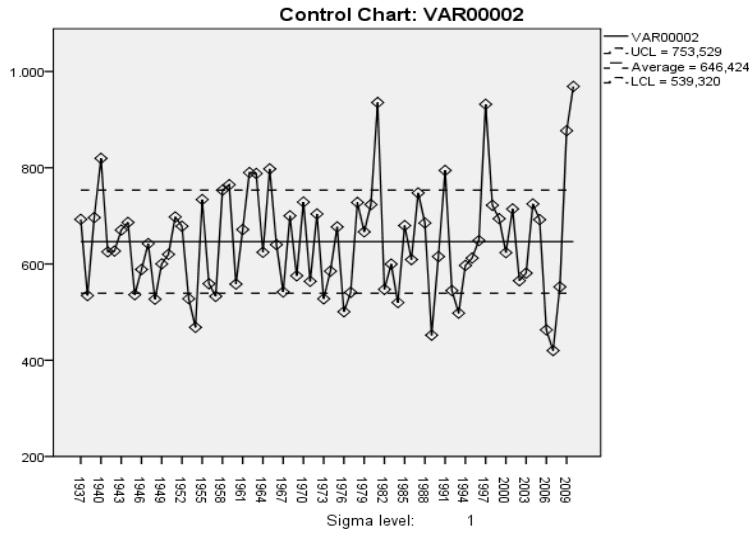


Şekil 13: Florya, yıllık toplam yağış (mm) değişimi (1937-2010), kayan ortalama, Lag=5yıl



Şekil 14: Florya, yıllık toplam yağış, frekans histogramı (1937-2010)

Şekil 13, Florya'da (1937-2010) yılları arasındaki yıllık toplam yağış miktarının değişimi ve lag=5 yıl için hesaplanan kayan ortalamalarını göstermektedir. Yıllık toplam yağış, 1981 yılına kadar bir artış, (1981-1994) yılları arası azalma gözlenmektedir. En yüksek yağış 2010 yılında gözlenmiştir. Şekil 14'de, Florya, yıllık toplam yağış frekans dağılımı histogramı sunulmaktadır.



Şekil 15: Florya, yıllık toplam yağış verilerinin kontrol kartı, ($\sigma=1$)

Şekil 15'e göre 11 yıl için toplam yağış değerleri $+\sigma$ kontrol çizgisi üzerinde, 13 yıl için toplam yağış değeri $-\sigma$ kontrol çizgisi altında kalmaktadır.

3.3. Göztepe Meteoroloji İstasyonu Verilerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Ortalama Hava Sıcaklığı: Şekil 16, 17, 18 ve Tablo 8'de Göztepe Meteoroloji İstasyonu uzun dönem gözlemlerine dayalı olarak yıllık ortalama hava sıcaklığı değişimlerinin istatistiksel analiz sonuçları verilmektedir. Göztepe'de (1929-2006) yılları arasında, uzun dönem ortalama hava sıcaklığı 14.1°C olarak saptanmıştır (Tablo 8). Diğer istatistiksel büyüklüklerin aylık maksimum, minimum, standart sapma, varyans, medyan, mod (yuv.), çarpıklık, basıklık ve genlik değerleri sırasıyla 25.8, 0.4, 1.5, 2.3, 14.1, 14.3, 0, 0, 7.1 olarak belirlenmiştir. 1929 yılından itibaren aylık ortalama sıcaklık değerlerinin zaman serisi incelendiğinde, özellikle 1992 yılından itibaren daha belirgin olmak üzere, genel artış eğilimi görülmüştür. Pearson Korelasyon Katsayısının kritik değerlerine göre, $n=77$ ve $r=0.34$ için, ortalama sıcaklık değerinin gösterdiği bu artış $\alpha=0,01$ seviyesinde anlamlıdır (Formül 7).

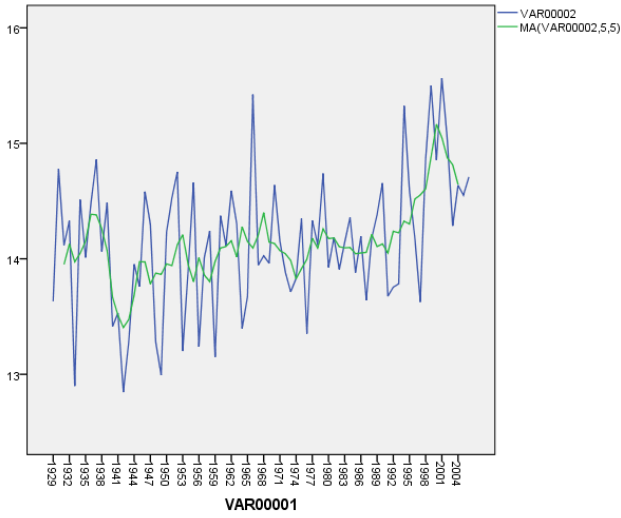
$$Y = 0,0089 X + 13,795$$

$$r = 0,34$$

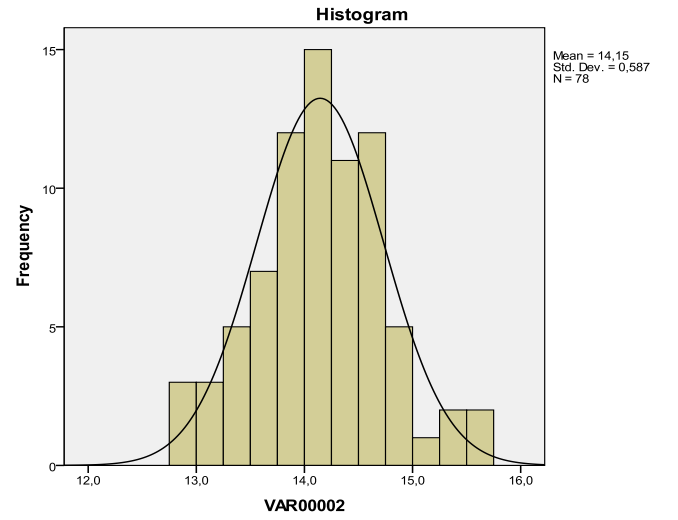
(7)

Tablo 8: Aylık ortalama sıcaklık değerlerinin istatistiksel büyüklükleri, Göztepe (1929-2006)

Ort. Sıcaklık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Y.Ort.
Ortalama	5,6	5,6	7,2	11,6	16,4	20,9	23,3	23,3	19,7	15,6	11,5	8	14,1
Maksimum	9,8	10,5	11,6	15,5	19,1	23,3	25,1	25,8	23,7	20,7	15,3	12	25,8
Minimum	1,6	0,4	2,7	8,5	14	19	20,6	20,5	16,9	12,2	7,7	3,4	0,4
Std. Sapma	1,8	2	1,8	1,5	1,2	0,9	0,9	1,1	1,3	1,6	1,6	1,8	1,5
Varyans	3,2	4,1	3,2	2,2	1,4	0,8	0,8	1,2	1,6	2,7	2,7	3,3	2,3
Median	5,6	5,7	7,1	11,5	16,4	20,9	23,3	23,5	19,7	15,5	11,7	7,9	14,1
Mod	-	5,4	-	12,8	-	21,3	24,3	23,8	-	14,2	12,1	7,3	-
Mod (Yuv.)	5	7	7	11	16	21	24	23	20	16	12	9	14,3
Çarpıklık	0	-0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	-0,4	-0,2	0,4	0,4	-0,1	-0,3	0
Basıklık	-0,2	0,2	0	-0,5	-0,4	-0,1	0	-0,2	0,9	0,4	-0,3	0	0
Genlik	8,1	10,1	9	7	5,1	4,2	4,5	5,2	6,8	8,5	7,6	8,7	7,1

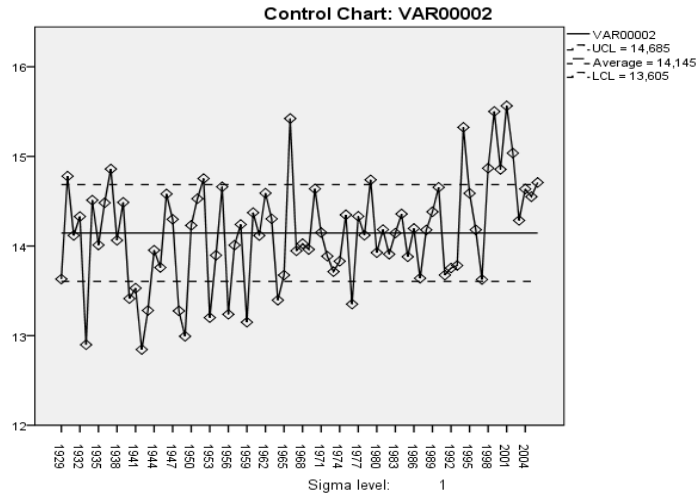


Şekil 16: Göztepe, yıllık ortalama sıcaklık (°C) değişimi (1929-2006), kayan ortalama, Lag=5 yıl



Şekil 17: Göztepe, yıllık ortalama sıcaklık (°C), frekans histogramı (1929-2006)

Şekil 16, Göztepe’de (1929-2006) yılları arasındaki yıllık ortalama sıcaklık değişimini ve lag=5 yıl için hesaplanan kayan ortalamalarını göstermektedir. Ortalama sıcaklık değerlerinin 1941’den 2000’e kadar artış gösterdiği gözlenmiştir. Şekil 17’de Göztepe, Yıllık Ortalama Hava Sıcaklığı (°C) histogramı sunulmaktadır. Normal dağılıma iyi bir uyum söz konusudur.

Şekil 18: Göztepe, yıllık ortalama sıcaklık (°C) verilerinin kontrol kartları, ($\sigma=1$)

Şekil 18'e göre 12 yıl için ortalama sıcaklık değerleri $+\sigma$ kontrol çizgisi üzerinde, 12 yıl için ortalama sıcaklık değeri $-\sigma$ kontrol çizgisi altında kalmaktadır.

Maksimum Hava Sıcaklığı: Şekil 19 ve Tablo 9'da Göztepe Meteoroloji İstasyonu uzun dönem gözlemlerine dayalı olarak yıllık maksimum hava sıcaklığı değişimlerinin istatistiksel analiz sonuçları verilmektedir. Göztepe'de (1929-2006) yılları arasında, uzun dönem maksimum hava sıcaklığı 40.5°C olarak kaydedilmiştir (Tablo 9). Maksimum hava sıcaklığına ait diğer istatistiksel büyüklükler; ortalama, minimum, standart sapma, varyans, medyan, mod (yuv.), çarpıklık, basıklık ve genlik değerleri sırasıyla 25.4, 10.1, 2.3, 5.4, 25.4, 25.1, 0.2, 0.3, 11.6 olarak saptanmıştır. 1929 yılından itibaren maksimum sıcaklık değerlerinin zaman serisi incelendiğinde, 1958 yılından itibaren genel bir artış eğilimi gözlenmiştir. Bu artış, 1970 yılında 40.5°C ile en yüksek değere ulaşmıştır. Pearson Korelasyon Katsayısının kritik değerlerine göre, $n=77$ ve $r=0.07$ için, anlamlı bir lineer ilişki saptanmamıştır (Formül 8).

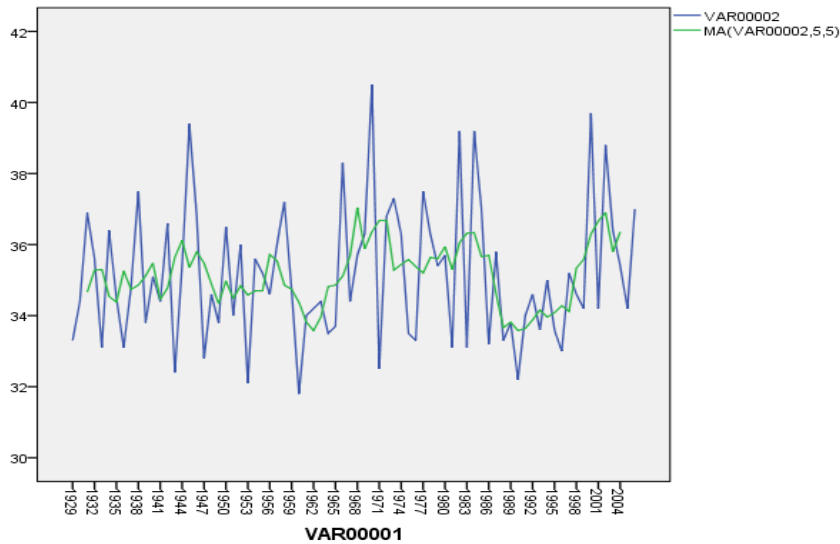
$$Y = 0,0063 X + 34,898$$

$$r = 0.07$$

(8)

Tablo 9: Aylık maksimum sıcaklık değerlerinin istatistiksel büyüklükleri, Göztepe (1929-2006)

Maks. Sıcaklık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Y.Max.
Ortalama	15,9	17	20,8	25,4	29	32,3	33,7	33,6	30,9	26,8	22,1	17,5	25,4
Maksimum	21,7	24	26,8	32,9	34,1	39,2	39,7	40,5	37,5	34,2	27,2	21,5	40,5
Minimum	11,7	10,1	13,6	20,4	24	28	29,7	28,5	25,4	21,4	16,7	10,8	10,1
Std. Sapma	1,9	2,5	3,1	2,5	2,1	2,1	2,1	2,2	2,5	2,4	2,1	2,1	2,3
Varyans	3,6	6,5	9,6	6,1	4,3	4,4	4,6	5	6,2	6	4,6	4,4	5,4
Median	16	17,1	20,7	25,4	29	32,2	33,3	33,6	31	26,4	22,1	17,4	25,4
Mod	16,2	19	20,2	26,2	26,4	33,6	33	34,2	30,4	28,3	23,6	19,8	-
Mod (Yuv.)	17	19	20	24	30	31	33	34	30	25	21	17	25,1
Çarpıklık	0,1	0,1	-0,3	0,5	0,1	0,5	0,5	0,4	0,1	0,5	-0,1	-0,6	0,2
Basıklık	0,2	0,3	-0,3	0,7	-0,3	0,9	0	0,9	0	0,1	-0,1	0,7	0,3
Genlik	10	13,9	13,2	12,5	10,1	11,2	10	12	12,1	12,8	10,5	10,7	11,6



Şekil 19: Göztepe, yıllık maksimum sıcaklık (°C) değişimi (1929-2006), kayan ortalama, Lag=5yıl

Şekil 19'da Göztepe'de (1929-2006) yılları arasındaki yıllık maksimum sıcaklık değişimini ve lag=5 yıl için hesaplanan kayan ortalamalarını göstermektedir.

Yıllık Toplam Yağış Miktarı: Şekil 20, 21, 22 ve Tablo 10'da Göztepe Meteoroloji İstasyonu uzun dönem gözlemlerine dayalı olarak yıllık toplam yağış değişimlerinin istatistiksel analiz sonuçları verilmektedir. Göztepe'de (1929-2007) yılları arasında, yıllara göre yağış dağılımı analiz edildiğinde, uzun dönem ortalama yıllık toplam yağış 678.4 mm'dir (Tablo 10). Tablodan da görüleceği gibi diğer istatistiksel büyüklükler; maksimum, minimum, standart

sapma, varyans, medyan, mod (yuv.), çarpıklık, basıklık ve genlik değerleri sırasıyla 286.2, 0.1, 36.3, 1416.4, 50.2, 44.3, 1.1, 1.4, 171.3 olarak belirlenmiştir. 1929 yılından itibaren yıllık toplam yağış grafiğine göre 1960'lı yıllardan itibaren yavaş bir artış gözlenmektedir. En yüksek yağış 1981 yılında görülmüştür. Ancak Pearson Korelasyon Katsayısının kritik değerlerine göre, $n=78$ ve $r=0.04$ için, anlamlı bir lineer ilişki belirlenememiştir (Formül 9).

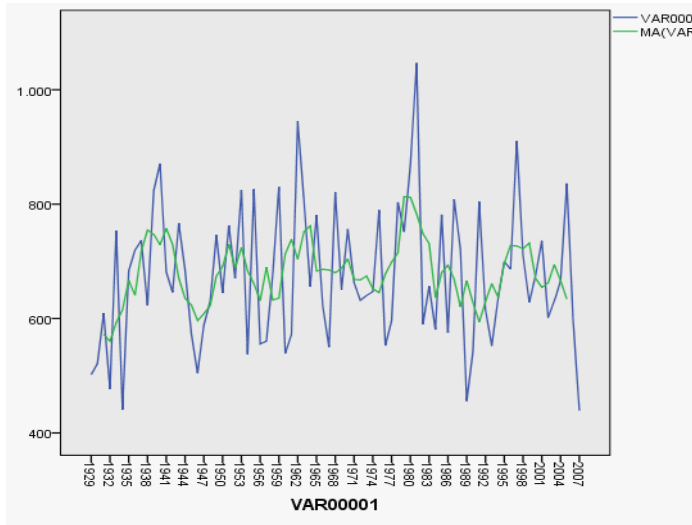
$$Y = 0,2243 X + 230,29$$

$$r = 0.04$$

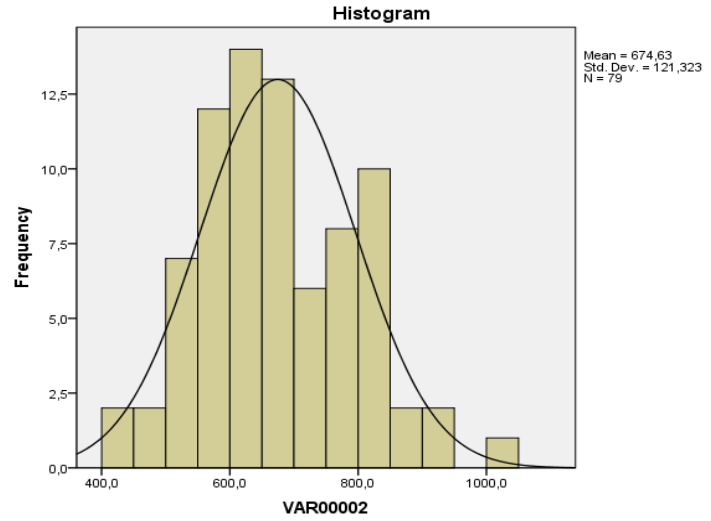
(9)

Tablo 10: Yıllık toplam yağış miktarının istatistiksel büyüklükleri, Göztepe (1929-2007)

Yağış	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Y. Top.
Ortalama	86,8	72	62,3	44,1	31,3	24,8	23,2	28,9	44,1	70	86,1	104,8	678,4
Maksimum	216,8	169,2	147,6	130,1	124,4	85,2	101,8	136,5	205,8	235,3	284,8	286,2	286,2
Minimum	12,6	10,6	7,8	2,4	2,3	0,6	0,1	0,1	0,2	1,4	13,3	17,1	0,1
Std. Sapma	45,7	36,8	35,3	26,5	25,9	20,7	25,1	31,5	41,8	44,6	45,6	55,5	36,3
Varyans	2084,9	1354	1245,1	700,1	669,7	428,4	632,3	991,7	1745,3	1987,3	2080,9	3076,5	1416,4
Median	84,3	66,9	58,1	39,4	24,6	21,4	13,6	18,6	33,9	63,8	79,9	97,6	50,2
Mod	-	150,9	36,1		37,7	1,4	1,9	11,3	51,2	34,6	64,5	-	-
Mod (Yuv.)	54	54	45	24	38	1	9	0	41	94	127	44	44,3
Çarpıklık	0,5	0,7	0,6	1,1	1,6	0,8	1,4	1,5	1,9	1	1,4	1,2	1,1
Basıklık	-0,2	0,2	-0,3	1,2	2,6	-0,1	1,1	1,8	4,1	1,5	3,7	1,4	1,4
Genlik	204,2	158,6	139,8	127,7	122,1	84,6	101,7	136,4	205,6	233,9	271,5	269,1	171,3



Şekil 20: Göztepe, yıllık toplam yağış (mm) değişimi (1929-2007), kayan ortalama, Lag=5yıl

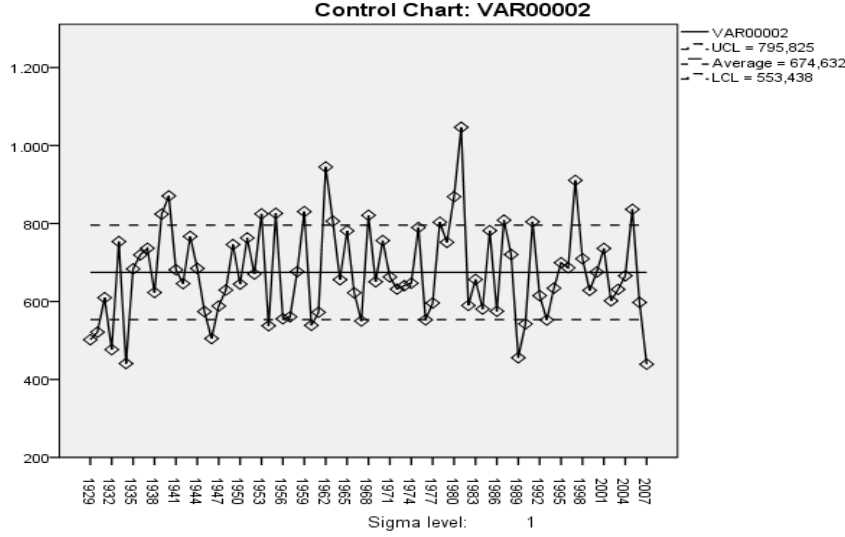


Şekil 21: Göztepe, yıllık toplam yağış, frekans histogramı (1929-2007)

Şekil 20, Göztepe’de (1929-2007) yılları arasındaki yıllık toplam yağış miktarının değişimini ve lag=5 yıl için hesaplanan kayan ortalamalarını göstermektedir.

Şekil 21’de Göztepe, yıllık toplam yağış frekans dağılımı histogramı sunulmaktadır. Sıfıra çok yakın pozitif çarpıklık gözlenmektedir.

Şekil 22’ye göre (15 yıl için) toplam yağış değerleri $+\sigma$ kontrol çizgisi üzerinde, (14 yıl için) toplam yağış değeri $-\sigma$ kontrol çizgisi altında kalmaktadır.

Şekil 22: Göztepe, yıllık toplam yağış verilerinin kontrol kartı, ($\sigma=1$)

3.4. Şile Meteoroloji İstasyonu Verilerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Ortalama Hava Sıcaklığı: Şekil 23, 24, 25 ve Tablo 11'de Şile Meteoroloji İstasyonu, uzun dönem gözlemlerine dayalı olarak, yıllık ortalama hava sıcaklığı değişimlerinin istatistiksel analiz sonuçları verilmektedir. Şile'de, (1939-2006) aralığında uzun dönem ortalama sıcaklık değeri 13.4°C olarak saptanmıştır (Tablo 11). Diğer istatistiksel büyüklüklerin aylık maksimum, minimum, standart sapma, varyans, medyan, mod (yuv.), çarpıklık, basıklık ve genlik değerleri sırasıyla 24.8, 0.9, 1.4, 2.2, 13.5, 13.6, 0.1, -0.2, 6.6 olarak belirlenmiştir. 1939 yılından itibaren aylık ortalama sıcaklık değerlerinin zaman serisi incelendiğinde, 1960'lı yıllara kadar artış, sonra 1990'lara kadar azalma, daha sonra tekrar artış gözlenmiştir. Pearson Korelasyon Katsayısının kritik değerlerine göre, $n=68$ ve $r=0.03$ için anlamlı bir lineer ilişki saptanmamıştır (Formül 10).

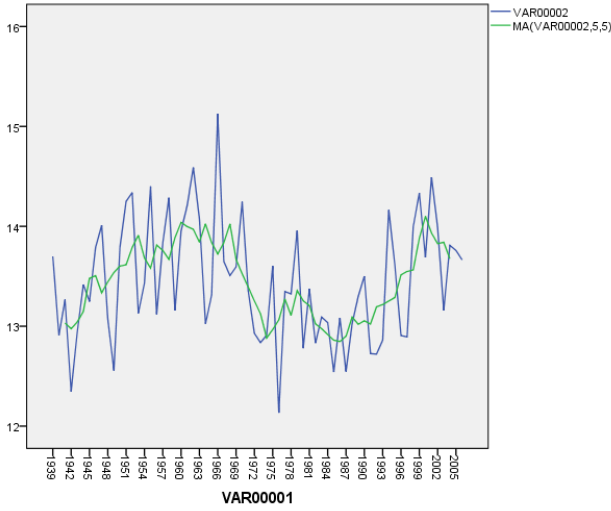
$$Y = -0,0009 X + 13,481$$

$$r = 0,03$$

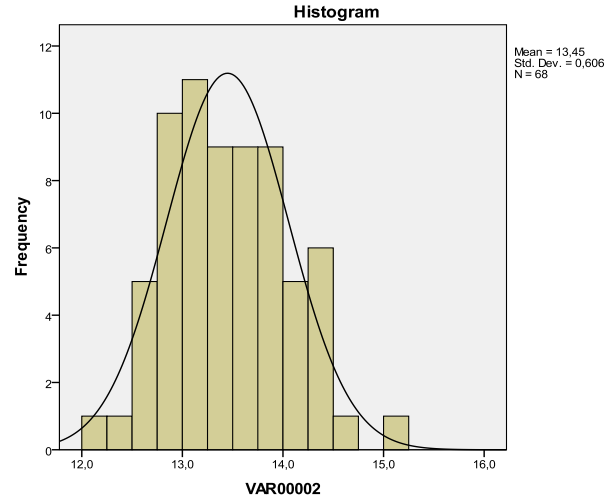
(10)

Tablo 11: Aylık ortalama sıcaklık değerlerinin istatistiksel büyüklükleri, Şile (1939-2006)

Ort. Sıcaklık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Y.Ort
Ortalama	5,4	5,6	6,7	10,6	15,1	19,7	22,3	22,5	19,2	15,3	11,2	7,7	13,4
Maksimum	9,9	11,1	12,3	14,2	17,1	21,4	24,8	24,5	22,2	18,6	15,4	11,9	24,8
Minimum	1,8	0,9	3,1	7,8	12,9	17,8	20	19,4	17	12,3	7	4,1	0,9
Std. Sapma	1,7	2	1,9	1,6	1,1	0,8	1	1,1	1,2	1,4	1,7	1,7	1,4
Varyans	3	3,9	3,4	2,6	1,1	0,7	1,1	1,3	1,5	2	2,9	3	2,2
Median	5,5	5,5	6,6	10,5	15,1	19,7	22,3	22,6	19,3	15,2	11,3	7,9	13,5
Mod	-	-	-	-	14,7	19,3	21	23,9	-	-	-	7,7	-
Mod (Yuv.)	6	6	6	9	15	20	23	23	19	16	12	8	13,6
Çarpıklık	0	0,4	0,5	0,2	-0,2	-0,1	0,1	-0,4	0,2	0,3	0,1	0	0,1
Basıklık	-0,2	0,6	0,7	-0,9	-0,7	-0,5	-0,5	-0,2	0,1	-0,3	0	0,1	-0,2
Genlik	8,2	10,2	9,2	6,4	4,3	3,6	4,8	5,1	5,2	6,3	8,5	7,8	6,6



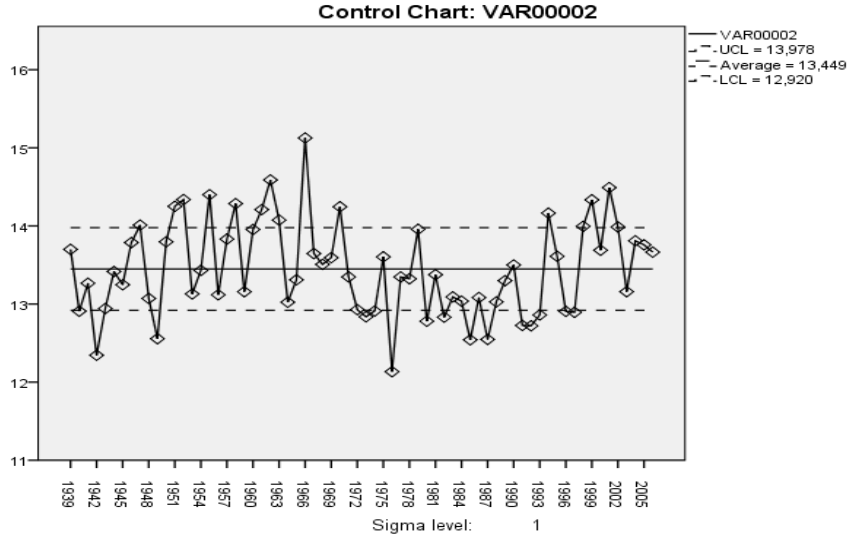
Şekil 23: Şile, yıllık ortalama sıcaklık (°C) değişimi (1939-2006), kayan ortalama, Lag=5 yıl



Şekil 24: Şile, yıllık ortalama sıcaklık (°C), frekans histogramı (1939-2006)

Şekil 23, Şile’de (1939-2006) yılları arasındaki yıllık ortalama sıcaklık değişimini ve lag=5 yıl için hesaplanan kayan ortalamalarını göstermektedir. Ortalama sıcaklık hızının 1939’dan 1960’lı yıllara kadar artış, 1990’a kadar azalma, daha sonra tekrar artış gösterdiği gözlenmiştir.

Şekil 24’de Şile yıllık ortalama sıcaklık (°C) histogramı sunulmaktadır. Pozitif çarpıklık söz konusudur.



Şekil 25: Şile, yıllık ortalama sıcaklık (°C) verilerinin kontrol kartı, ($\sigma=1$)

Şekil 25’e göre 13 yıl için ortalama sıcaklık değerleri $+\sigma$ kontrol çizgisi üzerinde, 11 yıl için ortalama sıcaklık değeri $-\sigma$ kontrol çizgisi altında kalmaktadır.

Maksimum Hava Sıcaklığı: Şekil 26 ve Tablo 12’de Şile Meteoroloji İstasyonu, uzun dönem gözlemlerine dayalı olarak, yıllık maksimum hava sıcaklığı değişimlerinin istatistiksel analiz sonuçları verilmektedir. Şile’de (1939-2006) aralığında, uzun dönem maksimum hava sıcaklığı 45.2°C olarak kaydedilmiştir (Tablo 12). Maksimum hava sıcaklığına ait diğer istatistiksel büyüklükler; ortalama, minimum, standart sapma, varyans, medyan, mod (yuv.), çarpıklık, basıklık ve genlik değerleri sırasıyla 25.3, 9.3, 3.1, 9.6, 25.2, 24.8, 0, 0.9, 15.5 olarak saptanmıştır. 1939 yılından itibaren, maksimum sıcaklık değerlerinin zaman serisi incelendiğinde, önemli bir artış eğilimi gösterdiği gözlenmiştir. Bu artış 2000 yılında en yüksek değere ulaşmıştır (45.2°C). Pearson Korelasyon Katsayısının kritik değerlerine göre, $n=68$ ve $r=0.33$ için, maksimum sıcaklık değerlerin gösterdiği bu artış $\alpha=0.01$ güven seviyesinde anlamlıdır (Formül 11).

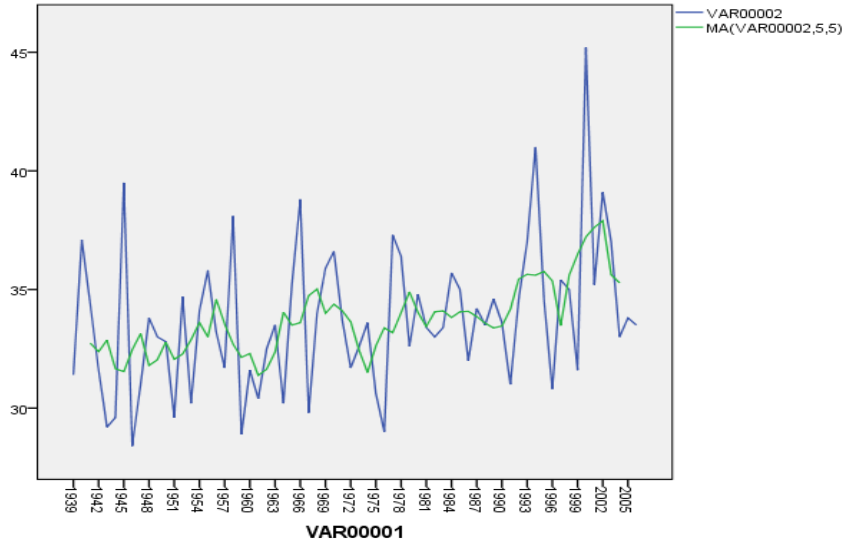
$$Y = 0,0508 X + 32$$

$$r = 0,33$$

(11)

Tablo 12: Aylık maksimum sıcaklık değerlerinin istatistiksel büyüklükleri, Şile (1939-2006)

Maks. Sıcaklık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Y.Max
Ortalama	17,1	19	22,3	26,2	28,7	30,7	30,6	30,6	29,1	26,8	22,9	19	25,3
Maksimum	22,2	25,6	30,4	34,5	35,3	38,1	45,2	41	37	35,6	29,3	23,9	45,2
Minimum	9,3	11,8	10,6	18,9	20,2	22,6	26	24	23,8	19,8	14,6	10,3	9,3
Std. Sapma	2,3	3	3,6	3,4	3,3	3	3,3	3,4	3,3	3,2	2,5	2,4	3,1
Varyans	5,5	8,9	13,2	11,8	10,9	9	10,9	11,6	10,8	10,5	6	5,8	9,6
Median	17,1	19	22,4	26,4	28,5	30,2	29,6	30,3	28,7	26,8	23,4	19,4	25,2
Mod	16,7	18,4	22,6	29	30,5	31,6	28,4	28,4	25,6	27,4	23,5	17,9	
Mod (Yuv.)	17	18	22	26	28	29	29	30	27	27	24	20	24,8
Çarpıklık	-0,7	0	-0,4	0,1	-0,1	0,1	1,7	0,8	0,5	0,2	-0,7	-1	0
Basıklık	1,4	-0,3	1	0	-0,3	-0,1	4,7	1,1	-0,5	0,3	1,9	1,9	0,9
Genlik	12,9	13,8	19,8	15,6	15,1	15,5	19,2	17	13,2	15,8	14,7	13,6	15,5



Şekil 26: Şile, yıllık maksimum sıcaklık (°C) değişimi (1939-2006), kayan ortalama, Lag=5yıl

Şekil 26, Şile’de (1939-2006) yılları arasındaki yıllık maksimum sıcaklık değişimini ve lag=5 yıl için hesaplanan kayan ortalamalarını göstermektedir. Maksimum sıcaklıkların 1962’den itibaren genel bir artış gösterdiği gözlenmiştir.

Yıllık Toplam Yağış Miktarı: Şekil 27, 28, 29 ve Tablo 13’de Şile Meteoroloji İstasyonu uzun dönem gözlemlerine dayalı olarak yıllık toplam yağış değişimlerinin istatistiksel analiz sonuçları verilmektedir. Şile’de (1939-2006) yılları arasında, yıllara göre yağış dağılımı analiz edildiğinde uzun dönem ortalama yıllık toplam yağış 827 mm dir (Tablo 13). Tablodan da görüleceği gibi maksimum, minimum, standart sapma, varyans, medyan, mod (yuv.), çarpıklık, basıklık ve genlik değerleri sırasıyla 404.7, 0.2, 47.0, 2480.8, 58.7, 44.3, 1.3, 2.4, 232.4 olarak belirlenmiştir. 1939 yılından itibaren yıllık toplam yağış grafiğine göre, özellikle 1960’lı yıllardan itibaren genel bir artış gözlenmektedir. En yüksek yıllık toplam yağış 1981 yılında görülmüştür (1696.8 mm). Pearson Korelasyon Katsayısının kritik değerlerine göre, $n=72$ ve $r=0.31$ için, ortalama yağış değerinin gösterdiği bu artış $\alpha=0,01$ seviyesinde anlamlıdır (Formül 12).

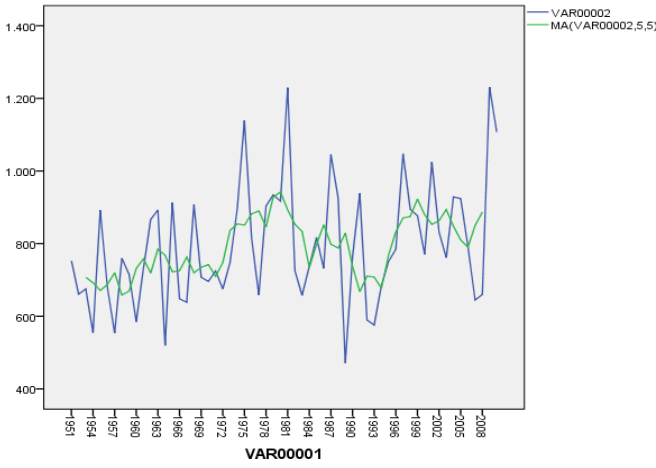
$$Y = 2,9431 X - 4991,1$$

$$r = 0,31$$

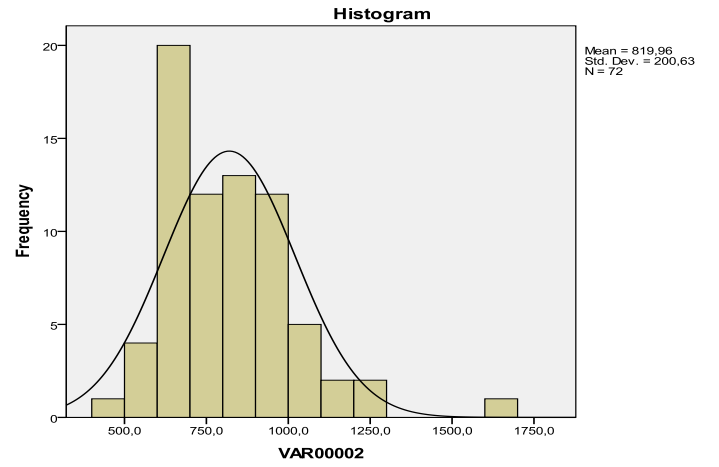
(12)

Tablo 13: Yıllık toplam yağış miktarının istatistiksel büyüklükleri, Şile (1939-2010)

Yağış	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Y.Top.
Ortalama	98,9	71,2	68,7	44,6	35,9	33,3	31	52,6	71,7	104,7	97,2	117,2	827,0
Maksimum	383,2	221,2	148	156,7	119,2	120,6	119,4	328,9	225,6	396,3	249,3	404,7	404,7
Minimum	21,8	9,3	5,5	3,3	3,5	0,5	0,5	0,3	0,2	1,5	15,2	22,4	0,2
Std. Sapma	62,9	41,7	37,2	28,9	25,5	27,2	29,8	64,7	59,1	71,1	50,7	65,3	47,0
Varyans	3961,1	1736,8	1384,6	834	648,1	740,6	885,2	4185,8	3497,5	5057,9	2572	4266	2480,8
Median	82	63,1	60,4	39,6	28,8	27	21	31,8	59,3	98,6	89,6	103,4	58,7
Mod	78,4	-	45,3	24,2	37,6	31	2,1	0,5	-	-	-	77,4	-
Mod (Yuv.)	54	54	45	24	38	1	9	0	41	94	127	44	44,3
Çarpıklık	1,6	1,3	0,3	1,3	1,2	1,3	1,2	2,4	1	1,6	0,9	1,6	1,3
Basıklık	4,5	2,4	-0,8	2,7	1	1,4	0,9	7,4	0,3	3,9	1	4,2	2,4
Genlik	361,4	211,9	142,5	153,4	115,7	120,1	118,9	328,6	225,4	394,8	234,1	382,3	232,4



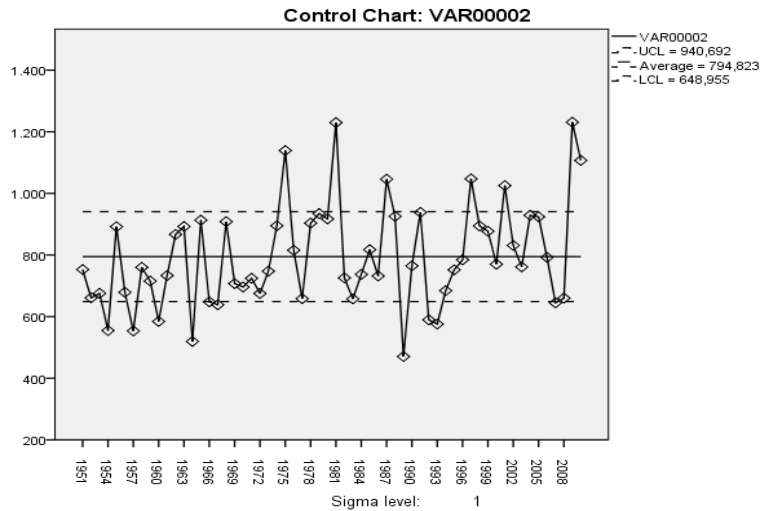
Şekil 27: Şile, yıllık toplam yağış (mm) değişimi (1939-2010), kayan ortalama, Lag=5 yıl



Şekil 28: Şile, yıllık toplam yağış miktarının (mm), frekans histogramı (1939-2010)

Şekil 27, Şile’de (1939-2010) yılları arasındaki yıllık toplam yağış değişimini ve lag=5 yıl için hesaplanan kayan ortalamalarını göstermektedir. Yıllık toplam yağış miktarında genel bir artış gözlenmiştir.

Şekil 28’de Şile, yıllık toplam yağış frekans dağılımı histogramı sunulmaktadır. Pozitif çarpıklık gözlenmektedir.



Şekil 29: Şile, yıllık toplam yağış verilerinin kontrol kartları, (σ=1)

Şekil 29'a göre 7 yıl için toplam yağış değerleri $+\sigma$ kontrol çizgisi üzerinde, 9 yıl için toplam yağış değeri $-\sigma$ kontrol çizgisi altında kalmaktadır.

4. Sonuç ve Öneriler

Burada sunulan araştırma çalışmasında İstanbul ve civarında seçilen dört inceleme bölgesinde (Bahçeköy, Florya, Göztepe ve Şile) aylık ve yıllık ortalama ve maksimum hava sıcaklıkları ve aylık ve yıllık toplam yağış miktarı değişimleri incelenmiştir.

Yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin lineer eğilimlerine göre en hızlı artışlar, sırası ile Florya, Göztepe ve Bahçeköy istasyonlarında gözlenmektedir. Bahçeköy ve Şile istasyonları ortalama hava sıcaklığı değerlerinde anlamlı bir artış eğilimi saptanmamıştır. Şile ve civarında ortalama hava sıcaklığı değerlerinde önemli bir değişim olmamakta, hatta ihmal edilebilir sıcaklık düşmeleri kaydedilmektedir. Florya ve Göztepe ortalama hava sıcaklığı değerlerinde $\alpha = 0,01$ güven seviyesinde anlamlı bir artış söz konusudur. Son on yıllık dönemde daha önceki gözlem dönemine göre, ortalama sıcaklık artış oranlarının Göztepe ve Florya için sırası ile %3 ve %5 şeklinde olduğu söylenebilir.

Yıllık Maksimum hava sıcaklığı değerlerindeki en fazla artışın Şile'de olduğu saptanmıştır. Bu istasyonu sırasıyla, Florya, Göztepe ve Bahçeköy istasyonları takip etmektedir. Maksimum hava sıcaklığı değişimlerinin anlamlılığının yeteri kadar güvenilir olmadığı söylenebilir. Ancak, Şile için aylık maksimum hava sıcaklığı değerlerinin son on yıllık dönemde yaklaşık %6 oranında artış gösterdiği ve bu değişimin $\alpha=0,01$ güven seviyesinde anlamlı bulunduğu vurgulanabilir.

Yıllık toplam yağış değerleri en fazla sırası ile Şile, Bahçeköy, Florya ve Göztepe'de artış göstermektedir. Son on yıllık dönemde aylık toplam yağış miktarında gözlenen artış oranları Bahçeköy ve Şile'de $\alpha = 0,01$ güven seviyesinde anlamlı bulunmuş olup, her iki istasyon için bu artışlar yaklaşık olarak sırası ile %10 ve %17 şeklinde saptanmıştır.

Bu makalede, Bahçeköy, Florya, Göztepe ve Şile'de 1947-2010 yılları arasında gözlenmiş günlük hava sıcaklığı ve toplam yağış miktarının istatistiksel büyüklükleri, frekans histogramları, lineer eğilimleri ve kayan ortalama değerlerinin incelenmesine yer verilmiştir. Kayan ortalama analizlerinde lag = 5 yıl olarak seçilmiştir. Her bir gözlem verisi için ± 1 standart sapma aralığı için kontrol kartları oluşturulmuş, verilerin normal dağılıma göre, %68 olasılık ile değişim aralıkları belirlenmiştir. İstanbul ve civarında hızlı ve yavaş şehirleşen bölgelerde, yer - atmosfer etkileşimi ile ilgili bulgular elde edilmiştir (Okçu vd. 2012, Aslan vd. 2009, Kuentz vd. 2015). Çalışmanın sonuçlarının, yüzey arazi kullanımı, ısı adaları, sel, sıcak hava dalgası öngörüsü, toprak koruma, erozyon risk tahmini vb. alanlardaki çalışmalara kaynak olması beklenmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Boğaziçi Üniversitesine Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP Proje No: 5572) tarafından desteklenmiştir. Yazarlar veri işlem aşamasındaki desteklerinden dolayı Dr. Deniz OKÇU DEMİRCİ'ye teşekkürlerini sunarlar.

Kaynaklar

- Aslan Z., Gabriels D., Ayday C., Yeniçeri D.N., Okçu D., Söğüt A.S., Oğuzhan B., Çağlar Z.N., Tokgözlü A., Gümrükçüoğlu M., Gürer K., Erpul G. (2009), *Yüzey ve uydu verilerine dayalı potansiyel ve aktüel erozyon riski, arazi kullanımında destek sistemi*, HGK-TUJJB destekli proje, Proje Kodu : TUJJB-TUMAHAP-01-06.
- Bocheva L., Marinova T., Simeonov P., Gospodinov I., (2007), *Variability and trends of extreme precipitation events over Bulgaria*, ECSS 2007 4th European Conference on Severe Storms, September 10-14, Trieste, Italy.
- Goldman M., (2015), *Kontrollden Çıkmış Kentler: Kentsel Spekülasyonun ve Prekarya Vatandaşlığın Yeni Sınırı*, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Sosyoloji Bölümü, Sosyoloji Konuşmaları Seminerleri, Atatürk Kongre Merkezi, 13 Nisan 2015.
- Golian S., Saghafian B., Maknoon R., (2010), *Derivation of probabilistic thresholds of spatially distributed rainfall for flood forecasting*, Water Resources Management, 24(13), 3547-3559.
- İBB, (2010), *İklim değişikliğinin İstanbul ve Türkiye su kaynakları geleceğine tesirleri*, İSKİ Proje Nihai Raporu ve Eki.
- Kayhan C., Kadioğlu M., (2005), *Thunder storm activities over Turkey*, OSTIV 2005 Scientific and Meteorological Panel, Anadolu Bil., Professional School of Higher Education, s. 71-84, September 16-18, Istanbul, Turkey.
- Kijeldsen T.R., (2009), *Modelling the Impact of Urbanisation on Flood Runoff Volume*, Water Management, 162(5), 329-336.
- Li Y.K., Wang C.Z., (2009), *Impacts of urbanization on surface runoff of the dardenne Creek Watershed, ST. Charles County, Missouri*, Physical Geography, 30(6), 556-573.
- Kuentz A., Mathevet T., Gailhard J., Hingray B., (2015), *Building long-term and high spatio-temporal resolution precipitation and air temperature reanalyses by mixing local observations and global atmospheric reanalyses: The ANATEM Model*, Hydrol. Earth Syst. Sci., 19, 2717-2736.
- Okçu D., Aslan Z., Maktav D., Söğüt A.S., Oğuzhan B., Çağlar Z.N., Tek A., Yeniçeri D.N., Giden F., Güven Kalafat A., Koyuncu H., Şengül M.A., Ertürk A.G., Solum Ş., (2012), *Sel ve taşkın tahmini, şehirleşmenin sel olayına etkisinin zaman serileri ile analizi*, Proje Kodu: 5572, (B.Ü. BAP Projesi).

- Shao W.Y., (2010), *Critical rainfall intensity for safe evaluation from underground spaces with flood prevention measures*, Journal of Zhejiang University-Science A, 11(9), 668-676.
- Wang Z., Lan H., Huo F., (2008), *The key technology in flood risk mapping on the flood Plain of lower Yellow River*, Proceedings of the 2nd International Conference on Risk Management & Engineering Management”, Vol. 1-2, s. 463-465, November 4-6, Beijing/Peoples R China.